

ESTUDO DAS PRIMEIRA E SEGUNDA LEIS DA TERMODINÂMICA COM O EMPREGO DE EXPERIMENTOS E UM MOTOR STIRLING

Study of the First and Second Laws of Thermodynamics by Employment of Experiments and a Stirling Engine

André Henrique Torres Müller [andrehtmm@hotmail.com]

Flávio Gimenes Alvarenga [flavio.alvarenga@ufes.br]

Gustavo Viali Loyola [gustavo.loyola@ufes.br]

*Universidade Federal do Espírito Santo/Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Avenida Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória - ES*

Recebido em: 19/03/2019

Aceito em: 16/10/2019

Resumo:

Neste trabalho propomos a utilização de uma sequência didática para o ensino das primeira e segunda leis da termodinâmica com o emprego de experimentos, tais como um protótipo de motor Stirling beta e alguns aparatos menores, como bomba de encher pneus, tubo de vidro preso a uma seringa, um lançador de foguetes, com garrafa plástica fixa. Adota-se como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, utilizando o conhecimento prévio que o aluno tem sobre o conceito de calor, sendo este o subsunçor.

Palavras-chave: Termodinâmica. Condutividade térmica. Motor Stirling. Aprendizagem significativa.

Abstract:

The present work proposes the use of instructional material for the teaching of the first and second laws of thermodynamics using experiments such as a prototype Stirling beta engine and some smaller devices such as tire inflation pump, glass tube attached to a syringe, a rocket launcher, with fixed pet bottle. It adopts as theoretical reference the Meaningful Learning of Ausubel, using the previous knowledge that the student has about heat, being this the subunit.

Keywords: Thermodynamics; Thermal conductivity; Stirling engine; Meaningful learning.

1. Introdução

A primeira e segunda leis da termodinâmica fazem parte do conteúdo de termodinâmica que é lecionado para os alunos do segundo ano do ensino médio na rede pública estadual.

[...] “A Termodinâmica, por sua vez, ao investigar fenômenos que envolvem o calor, trocas de calor e de transformação da energia térmica em mecânica, abre espaço para uma construção ampliada do conceito de energia. Nessa direção, a discussão das máquinas térmicas e dos processos cíclicos, a partir de máquinas e ciclos reais, permite a compreensão da conservação de energia em um âmbito mais abrangente, ao mesmo tempo em que ilustra importante lei restritiva, que limita processos de transformação de energia, estabelecendo sua irreversibilidade. A omissão dessa discussão da degradação da energia, como geralmente acontece, deixa sem sentido a própria compreensão da conservação de energia e dos problemas energéticos e ambientais do mundo contemporâneo.” (PCNEM p. 25)

Quando alcançamos estes conteúdos os alunos já deveriam ter estudado conceitos fundamentais, como: temperatura, calor, condutividade térmica, comportamento dos gases ideais, transformações gasosas e as relações de trabalho em uma transformação gasosa.

A primeira lei da termodinâmica (princípio da conservação de energia), envolve as grandezas calor, trabalho e variação da energia interna do sistema, onde é preciso fazer um balanço energético, para sabermos quando essas grandezas assumem valores positivos, negativos ou nulos.

Já a segunda lei da termodinâmica no ensino médio é associada à máquinas térmicas e abordada através de dois enunciados, o de Kelvin e o de Clausius. Os enunciados vêm estabelecer condições para que as transformações térmicas possam ocorrer. Um enunciado trata da conversão de calor em trabalho por meio de máquinas térmicas, conforme afirma Kelvin:

“É impossível para uma máquina, operando em um ciclo, produzir como único efeito o de retirar calor de um único reservatório e realizar uma quantidade equivalente de trabalho.” (TIPLER, 2009).

O outro enunciado, considera o sentido de ocorrência dos fenômenos naturais, o qual afirma Clausius:

“Um processo cujo único resultado efetivo seja o de retirar calor de um reservatório frio e liberar a mesma quantidade de calor para um reservatório quente é impossível.” (TIPLER, 2009).

Com este enunciado, Clausius previne a existência de um “refrigerador miraculoso”, sendo o refrigerador uma máquina térmica funcionando em ciclo reverso, na qual não ocorreriam dissipações de energia e todo o calor extraído do reservatório quente, seria convertido integralmente em trabalho. É importante ressaltar que os dois enunciados são equivalentes (ZEMANSKY, 1978).

Quando estes enunciados são apresentados em sala de aula, temos as explicações do funcionamento de uma máquina térmica. Uma máquina térmica segue a segunda lei da termodinâmica, e para converter calor em trabalho de forma contínua, deve operar em ciclo entre duas fontes térmicas, retirando calor da fonte quente e convertendo parte desse calor em trabalho, o restante da energia é rejeitado para a fonte fria.

Esse trabalho objetiva investigar os impactos da aplicação de uma sequência didática baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa, abrangendo os conteúdos de Termodinâmica (ALVARENGA, 2019; MOREIRA, 2011, p. 115; SILVA e PREGNOLATTO, 1999), com o emprego de experimentos e um motor Stirling, com ênfase nos seguintes aspectos: elaboração de uma sequência didática envolvendo os conceitos das primeira e segunda leis da termodinâmica aplicadas ao conteúdo específico de máquinas térmicas; pesquisa sobre o impacto nos alunos da utilização de uma sequência didática desenvolvida como forma de construção do conhecimento.

Esse artigo está dividido da seguinte forma: na seção 2 é apresentado o referencial teórico; na seção 3 é descrita toda a metodologia empregada, com detalhamento da sequência didática com uso de experimentos; na seção 4 é efetuada a análise dos dados coletados na pesquisa; e a seção 5 é dedicada às considerações finais.

2. Referencial teórico

Para Ausubel, a aprendizagem significativa somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente. Para que essa relação ocorra, é preciso que exista uma predisposição para aprender. Ao mesmo tempo, é necessária uma situação de ensino potencialmente significativa, planejada pelo professor, que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e o uso social do objeto a ser estudado. O uso de experimentos proporciona aos alunos a oportunidade de interação direta com os conceitos físicos estudados, despertando assim, a participação e a curiosidade na discussão da matéria.

A essência do processo de aprendizagem significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). (AUSUBEL, 1980, p. 34)

É por intermédio dessa metodologia que propomos trazer ao aluno uma aprendizagem que o satisfaça, segundo o seu contexto histórico-cultural, por intermédio da construção de conhecimento. "Quanto maior o número de *links* feitos, mais consolidado estará o conhecimento" (AUSUBEL, 1968). É através de atividades interativas que o aluno relaciona o fenômeno apresentado com o mundo em que vive e a cultura na qual está inserido. Desta forma, o professor deve facilitar a aprendizagem utilizando-se das atividades experimentais e criar um ambiente propício ao favorecimento do processo de autonomia da própria aprendizagem. Para formar um conceito o indivíduo tem que ter vivenciado o fato. Cabe ao professor mediar estes conflitos para proporcionar a evolução do conhecimento. Ele poderá direcionar e controlar esta evolução, para que o aluno possa atingir o melhor do seu potencial sobre o tema abordado.

A aprendizagem significativa, por definição, envolve a aquisição de novos significados. Estes são, por sua vez, os produtos finais da aprendizagem significativa. Ou seja, o surgimento de novos significados no aluno reflete a ação e a finalização anteriores do processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000). A essência do processo de aprendizagem significativa, tal como já se verificou, consiste no fato de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aluno já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de matérias), de forma não arbitrária e não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo

significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo (AUSUBEL, 2000).

A aprendizagem significativa exige que os alunos manifestem uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos e que o material que aprendem seja potencialmente significativo para os mesmos, nomeadamente relacional com as estruturas de conhecimento particulares, numa base não arbitrária e não literal (AUSUBEL, 1961). Assim, independentemente da quantidade de potenciais significados que podem ser inerentes a uma determinada proposição, se a intenção do aluno for memorizá-los de forma arbitrária e literal (como uma série de palavras relacionadas de modo arbitrário), quer o processo, quer o resultado da aprendizagem devem ser, necessariamente, memorizados ou sem sentido.

Uma razão pela qual os alunos desenvolvem frequentemente um mecanismo de aprendizagem memorizada deve-se ao fato de aprenderem a partir de experiências anteriores nas quais respostas substancialmente corretas que não estejam em conformidade, de forma literal, com aquilo que o professor ou livro escolar afirmam, não serem creditadas. Outro fator, que determina se o material de aprendizagem é ou não potencialmente significativo, depende mais da estrutura cognitiva particular do aluno do que da natureza do próprio material de aprendizagem (MOREIRA, 2011, p. 31).

Para que a aprendizagem significativa ocorra de fato, não é suficiente que o novo material seja simplesmente relacional, de forma não arbitrária e não literal, com ideias correspondentes relevantes no sentido mais geral ou abstrato do termo (a ideias correspondentes relevantes que alguns seres humanos conseguiram aprender em circunstâncias apropriadas); também é necessário para a aprendizagem significativa que o conteúdo ideário relevante esteja disponível na estrutura cognitiva do aluno em particular, para satisfazer esta função de subsunção e de ancoragem. Para tal, propomos uma sequência didática, com o intuito de verificar se o mesmo é capaz de auxiliar na seleção e ancoragem dos subsunçores presentes na estrutura cognitiva do aluno (AUSUBEL, 2000).

3. Procedimentos metodológicos.

A pesquisa foi realizada no segundo semestre de 2018 em uma escola da rede estadual do ensino médio do Espírito Santo. Participaram da pesquisa duas turmas da segunda série com 37 alunos de idades entre 15 e 16 anos.

Os dados foram coletados por meio de registros escritos. Foram considerados os resultados das atividades realizadas que incluíram o pré-teste, utilização de materiais instrucionais, questionário relatando o que os alunos acharam da aula e o pós-teste. A sequência didática foi aplicada em 8 aulas com duração de 55 minutos cada, cabendo ressaltar que os experimentos utilizados foram de caráter demonstrativo, e não houve pretensão de coleta de dados experimentais. Admitimos que o comportamento do gás é análogo ao gás ideal.

Descrevemos a seguir as aulas:

- 1ª aula – foi aplicado o pré-teste;
- 2ª aula – foi fornecido um texto sobre a primeira lei da termodinâmica, para ser lido em sala de aula. Posteriormente foi realizada uma discussão para verificar os conhecimentos prévios

dos alunos sobre o assunto e de forma geral foram revisados os conceitos de temperatura, calor e condutividade térmica. Em sequência foi apresentada uma barra de alumínio de 30 cm, uma barra de ferro de 30 cm - vergalhão, um pedaço de madeira de 30 cm (parajú), para demonstrar comparativos de condutividade térmica;

- 3ª aula – foram abordados os conceitos da primeira lei da termodinâmica, tendo em vista as dúvidas apresentadas na discussão do texto e dos conhecimentos prévios relacionados ao assunto que os alunos demonstraram durante a discussão. Foi apresentado o primeiro experimento (Figura 1), com o intuito de verificar a primeira lei da termodinâmica, através das transformações isovolumétricas e isotérmicas com um tubo de ensaio de vidro acoplado numa seringa graduada. Ao realizar o experimento, esperava-se que os alunos por meio de observação visualizassem que o tubo de ensaio estava recebendo calor em transferência da chama para o mesmo e que a temperatura interna do ar estava aumentando. Não havendo variação de volume, fato esse constatado visualmente, visto que, o êmbolo da seringa não se movimentava, concluiu-se então que o volume é constante, enquanto a temperatura e a pressão aumentavam proporcionalmente. Sendo o volume constante, não há realização de trabalho, portanto a variação da energia interna do ar será igual a quantidade calor transferida pela chama a ele, demonstrando assim, a primeira lei aplicada a transformação isovolumétrica ($Q = \Delta U$). Logo em seguida, o professor executou um pequeno empurrão instantâneo na haste da seringa, os alunos observaram que o êmbolo iniciou um deslocamento contínuo com uma certa velocidade, enquanto havia a presença da chama, ao afastar a chama do tubo a velocidade diminuía, demonstrando que ocorreu um aumento de volume do ar interno devido a agitação das moléculas do ar, promovido pelo aquecimento do mesmo, comprovando uma expansão isotérmica, onde a temperatura é constante. O volume neste caso, aumenta e a pressão diminui, inversamente proporcionais, e o calor é proveniente do meio externo. Mostrou-se que o calor transferido pela chama foi transformado em trabalho para movimentar a seringa, sendo a temperatura constante, não havia variação da energia interna, demonstrando assim, a primeira lei aplicada à transformação isotérmica ($Q = W$). Aproveitou-se o momento para discutir com os alunos, se caso fosse embebido um pano com água a baixa temperatura (água misturado com gelo) e colocássemos este pano no lugar da chama, envolto no tubo, o que aconteceria? Essa pergunta foi feita para tentar explorar o princípio periódico do processo. Perguntou-se também, porque o professor ficou tanto tempo segurando o tubo de vidro e não queimou os dedos? Todos responderam imediatamente que foi devido a baixa condutividade do vidro, sendo abordado novamente a condutividade térmica.



Figura 1 - Experimento tubo de vidro acoplado a uma seringa

Fonte: Autoria própria

• 4ª aula – continuando a abordagem dos conceitos da primeira lei da termodinâmica, foi apresentado o segundo experimento, tubo de vidro acoplado a uma bola de soprar na ponta (Figura 2) - demonstração da transformação isobárica - o processo foi o mesmo do experimento anterior, o tubo foi aquecido através de uma chama, os alunos ficaram observando e perceberam que o balão de soprar começou a encher, porém bem lentamente. O aluno verificou de forma visual então, que o volume de ar dentro do tubo mais bola de soprar, aumentou. O professor então, foi mediando e mostrando que a transformação não é isovolumétrica e como o processo ocorreu bem lentamente, e a bexiga por ser flexível e apresentar pouca resistência a expansão, ela foi se inflando com o aumento do volume do ar, evitando o aumento de pressão interna no tubo, mantendo-se a pressão interna do tubo igual a pressão externa ao tubo, de modo que a transformação observada é isobárica. Portanto, parte do calor transferido ao ar dentro do tubo foi utilizado para fazer variar a sua energia interna, pois percebeu-se pelo contato com balão, que o ar teve sua temperatura aumentada e como houve variação de volume, o restante do calor transferido é transformado em trabalho para inflar o balão ($Q = \Delta U + W$).



Figura 2 - Experimento tubo de vidro acoplado a uma bexiga

Fonte: Autoria própria



Figura 2a - Experimento tubo de vidro acoplado a uma bexiga cheia

Fonte: Autoria própria

Ainda na quarta aula, foi utilizado o terceiro experimento (Figura 3), onde foi usado um lançador de foguetes com garrafa pet fixa para demonstrar os conceitos da primeira lei da

termodinâmica na transformação adiabática. Primeiramente foi pulverizado álcool dentro da garrafa pet, em seguida conectou-se a garrafa ao lançador, depois utilizou-se a bomba para encher a garrafa com ar do meio externo para dentro da garrafa, neste processo a pressão aumenta, inclusive foi mostrado ao aluno através do manômetro que indicou a pressão aumentando. Foi solicitado a um aluno que encostasse a mão na garrafa pet durante o processo, para ele perceber que a temperatura da garrafa estava aumentando. Quando foi alcançado em torno de 30 PSI (garrafa pet da Coca-Cola suporta até 150 PSI, segundo testes da fabricante), foi aberto o registro do lançador, liberando rapidamente a saída do ar que se encontrava dentro da garrafa pet, após realizar este processo, visualmente o aluno percebeu que se formou uma nuvem dentro da garrafa (um condensado de água mais álcool) devido a diminuição rápida da temperatura, por isso foi recomendado que o aluno estivesse segurando a garrafa, para perceber através do tato esta mudança de temperatura. Neste momento o professor vai mediando e questionando ao que ao abrir a válvula: o que ocorreu? Ocorreu uma expansão, visto que o volume de ar que estava dentro da garrafa foi para o meio exterior, assim como ocorre num frasco de aerossol, então o volume variou. O aluno com a mão em contato com a garrafa percebeu que a temperatura caiu no momento em que a válvula foi aberta, e portanto a temperatura também variou e por último, ao observar o manômetro da bomba o aluno verificou que a pressão manométrica caiu a zero quase que instantaneamente quando a válvula foi aberta, com pressão da garrafa (sistema) voltando a se igualar com a pressão do ar. Foi então verificado que esta transformação é adiabática, onde pressão, volume e temperatura variaram de forma específica e que praticamente não houve troca de calor com o meio externo. Neste exemplo, quando a garrafa estava sendo preenchida com ar, trabalho é realizado sobre o ar quando o mesmo é comprimido, praticamente sem troca de calor com o meio externo, devido ao fato do procedimento ser feito muito rapidamente, e assim pôde-se verificar o aumento da temperatura da garrafa, demonstrando o aumento da variação da energia interna do ar, e portanto, trabalho sendo utilizado para o aumento da variação da energia interna do ar ($\Delta U = -W > 0$). Quando foi realizada a abertura da válvula, como a expansão do ar ocorreu rapidamente, o trabalho realizado pelo ar que provocou a expansão, diminuiu a sua energia interna ($-\Delta U = W$), podendo ser percebida pelo aluno, uma vez que ele estava com a mão em contato com a garrafa e pôde perceber a diminuição da temperatura, também observada visualmente pela condensação do ar mais álcool. Exemplos clássicos, são os desodorantes aerossóis, os frascos ficam com temperaturas menores que a do ambiente ao serem utilizados.



Figura 3 - Lançador de Foguetes com garrafa pet fixa

Fonte: Autoria própria

- 5ª aula – foi fornecido um texto sobre a segunda lei da termodinâmica, onde foi feita a leitura na sala de aula e posteriormente uma discussão para verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto. Nesta aula foram abordados os conceitos de máquinas térmicas (1º e 2º Enunciados) e suas implicações, relembro rapidamente energia mecânica e enfatizando a história das máquinas térmicas.

- 6ª aula – foi apresentado o motor Stirling tipo Beta com cilindro transparente, Figura 4, que é uma construção própria do autor e explicado cada parte que compõe o motor e para que serve. Foi explicado que o motor possui 2 pistões, o primeiro chamado de pistão quente ou deslocador (Displacer), cuja a função é somente movimentar o ar em um determinado momento para a região aquecida e em outro momento para a região resfriada e o segundo chamado de pistão frio ou trabalho, cuja a função é realizar o trabalho.

Utilizando o experimento do tubo com a seringa (3ª aula), construímos com os alunos o princípio do movimento de subida e descida do pistão de trabalho do motor Stirling (transformação isovolumétrica seguida de isotérmica, que são as transformações presentes no ciclo de Stirling). Comparei o pistão de trabalho do motor com o êmbolo da seringa, a parede da seringa com o cilindro do motor. Então os alunos começaram a ligar os eventos ocorridos no experimento tubo de vidro mais seringa com o motor Stirling. Foi demonstrado no quadro branco o ciclo de Stirling e suas abordagens através do gráfico pressão versus volume (PxV) (HIRATA, 1995), Figura 5, explicando cada etapa envolvida no ciclo, primeiramente a compressão isotérmica, depois o aquecimento isovolumétrico, seguido da expansão isotérmica e fechando o ciclo com o resfriamento isovolumétrico. Retomou-se nesse momento, novamente ao tubo de vidro, quando se havia perguntado aos alunos o que ocorreria se envolvêssemos um pano embebido em água misturado com gelo, na ponta do tubo de vidro, demonstrando o processo cíclico, mas salientando que teríamos que aguardar um resfriamento antes que a seringa retornasse ao ponto de partida. Em seguida associamos o primeiro e segundo enunciados da segunda lei, ao motor Stirling, explicitando o que seria a fonte quente e a fonte fria, tudo demonstrado diretamente no motor Stirling. Foi demonstrado o trabalho realizado pelo motor, foi questionado se o mesmo teria como ser aproveitado e sobre energia cinética que os discos de plástico possuíam ao estarem girando. Foi discutido sobre a partida do motor, sobre o trabalho que nós realizamos para dar a partida no motor, pra fazer a relação com o arranque do motor ou as manivelas que eram utilizadas antigamente. Foi demonstrado o processo cíclico e ainda a periodicidade do processo. E por final, já que o motor Stirling segue o primeiro e segundo enunciados da segunda lei da termodinâmica, ele é uma máquina térmica.



Figura 4 - Motor ciclo Stirling modelo Beta

Fonte: Autoria própria

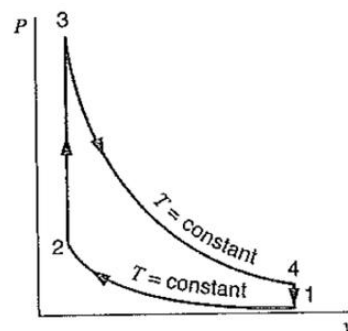


Figura 5 – Gráfico PxV do ciclo de Stirling

Fonte: Hirata, 1995

Um detalhado tutorial da montagem do motor Stirling está disponibilizado em <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGenFis/detalhes-da-tese?id=135>

26 (MÜLLER, 2019).

• 7ª aula – continuando a abordagem do motor Stirling, nesta aula, foi apresentado um outro ciclo, o ciclo Otto. Nesta aula foi diferenciado o motor de combustão interna (por exemplo o motor a gasolina que segue o ciclo Otto) e o motor de combustão externa (o motor Stirling). Foi apresentado vídeos demonstrativos/explicativos de motores de combustão interna tipo Otto, contextualizando o uso dos motores termodinâmicos no cotidiano do aluno. Foi mostrada também a geração de energia elétrica com o uso de um motor termodinâmico, para

fazer uma associação às termoeletricas, visto que nesta aula é utilizado um motor Stirling tipo gama acoplado a um gerador de energia e uma lâmpada incandescente, Figura 6, citando as 3 modalidades de energia envolvida.



Figura 6 - Motor ciclo Stirling modelo gama

Fonte: Autoria própria

- 8ª aula – é aplicado o pós-teste.

4. Análise de dados

Na aplicação desta sequência didática, utilizamos duas turmas da segunda série do ensino médio, a turma 01 com 22 alunos e a turma 02 com 24 alunos. O número de alunos que serão considerados para nossa análise será de 18 alunos da turma 01 e 19 alunos da turma 02, totalizando 37 alunos, pois foi o quantitativo de alunos que realizou tanto o pré-teste quanto o pós-teste, sendo desconsiderados os alunos que fizeram apenas um dos testes.

O pré-teste foi composto por nove questões objetivas. Da questão 1 até a questão 7, abrangeu-se conceitos como: calor, temperatura, condutividade térmica, com a finalidade de averiguar o que o aluno reteve cognitivamente do conteúdo que foi lecionado no primeiro trimestre e início do segundo trimestre, que são conteúdos base para a ancoragem do novo conteúdo em questão. Na questão 8 e 9, abrangeu-se a primeira e segunda leis da termodinâmica, com o intuito de verificar se algum aluno já tinha visto o conteúdo. Embora não houvesse repetentes nestas duas turmas, alguns alunos poderiam ter se deparado com estes conteúdos em cursos técnicos ou em alguma experiência profissional que envolvesse o tema em questão.

O pós-teste foi composto por dez questões objetivas. Da questão 1 até a questão 5, abrangeu-se conceitos como: calor, temperatura, condutividade térmica, desta vez, com a finalidade de averiguar se esta sequência didática também fosse capaz de auxiliar no reforço da fixação dos conteúdos já estudados no primeiro trimestre e início do segundo trimestre. Da questão 6 até a questão 10, abrangeu-se a primeira e segunda leis da termodinâmica, para verificação da compreensão destes conteúdos, apresentados na sequência didática, por parte dos alunos. Foi utilizado um questionário, com duas questões abertas no fim do pós-teste, não para averiguar dados sobre o conteúdo em questão, mas para que os alunos avaliassem a aula, retratando os pontos positivos e negativos desta sequência didática (MOREIRA, 2011).

Faz-se agora uma análise do pré-teste em comparação com o pós-teste levando em conta o número de alunos com a mesma quantidade de acertos no teste inteiro, por exemplo: aluno A tem 3 acertos em 9 questões, aluno B tem 4 acertos em 9 questões, aluno C tem 3 acertos em 9 questões, aluno D tem 5 acertos em 9 questões, aluno E tem 4 acertos em 9 questões, portanto já temos dois alunos com 3 acertos e dois alunos com 4 acertos e 1 aluno com 5 acerto em 9 questões e assim por diante. Faremos as análises dos resultados entre o pré-teste e o pós-teste para a turma 01, em seguida para a turma 02 e depois faremos a análise considerando as duas turmas juntas. A proposta é verificar se o número de acertos aumentará ou não do pré-teste se comparado ao pós-teste, após a aplicação da sequência didática.

4.1 Resultados obtidos para turma 01

De acordo com o Gráfico 1, constatamos que 39% dos alunos alcançaram menos de 60% de acertos nos conceitos gerais do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 2, 56% dos alunos alcançaram mais de 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma surpreendente melhora no número de acertos após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

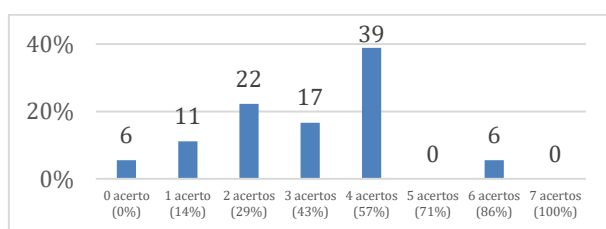


Gráfico 1- questões de 1 a 7 que envolviam os conceitos gerais.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

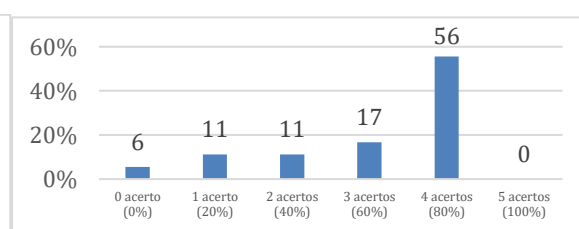


Gráfico 2 - questões de 1 a 5 que envolviam os conceitos gerais.

Fonte: Autoria própria

Já de acordo com o Gráfico 3, constatamos que 78% dos alunos não obtiveram nenhum acerto nas questões relacionadas a primeira e segunda leis da termodinâmica, demonstrando que em sua grande maioria, os alunos não tinham conhecimento sobre esse assunto no momento do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 4, 39% dos alunos alcançaram 60% de acertos e 22% obtiveram 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo de termodinâmica, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

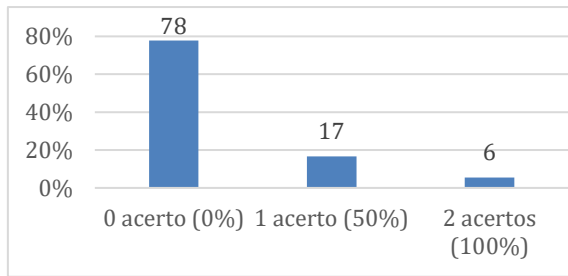


Gráfico 3 - questões de 8 a 9 que envolviam os conceitos específicos

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

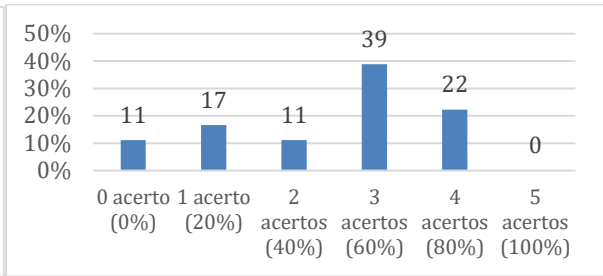


Gráfico 4 - questões de 6 a 10 que envolviam os conceitos específicos.

Fonte: Autoria própria

De acordo com o Gráfico 5, constatamos que 39% dos alunos ficaram entre 44% e 55% acertos nas 9 questões, considerando agora os conceitos gerais, a primeira e segunda leis da termodinâmica, em contrapartida, no Gráfico 6, 67% dos alunos ficaram entre 50% e 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo como um todo, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

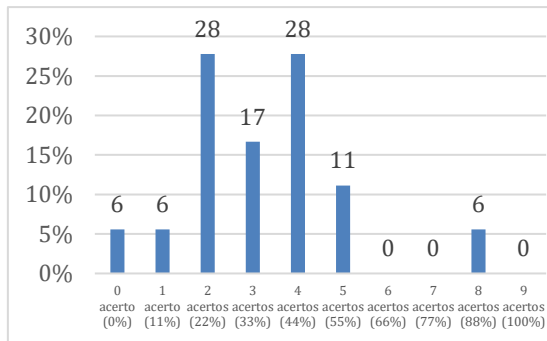


Gráfico 5- questões de 1 a 9 que envolviam todos Conceitos.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

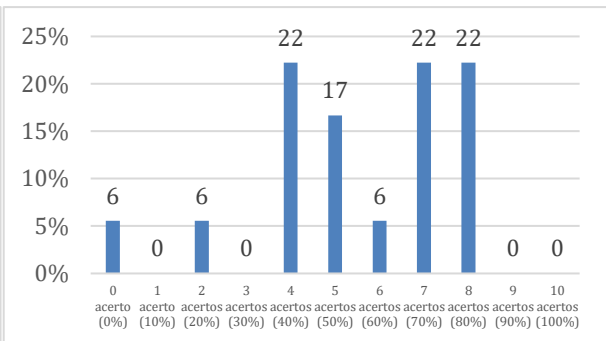


Gráfico 6 - questões de 1 a 10 que envolviam todos os conceitos.

Fonte: Autoria própria

4.2 Resultados obtidos para turma 02

Observamos que a turma 02, obteve resultados bem mais expressivos que a turma 01, tanto no pré-teste quanto no pós-teste. De acordo com o Gráfico 7, constatamos que 52% dos alunos ficaram entre 57% e 86% de acertos nos conceitos gerais do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 8, 69% dos alunos alcançaram entre 60% e 100% de acertos do pós-

teste, demonstrando uma boa melhora no número de acertos após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

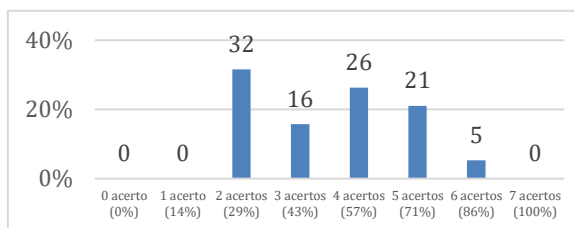


Gráfico 7 - questões de 1 a 7 que envolviam os conceitos gerais.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

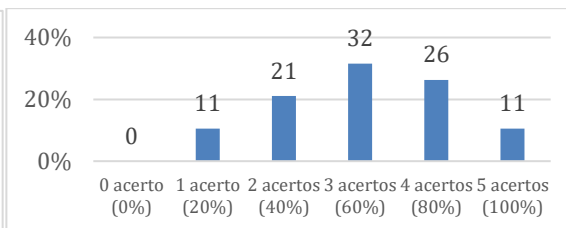


Gráfico 8 - questões de 1 a 5 que envolviam os conceitos gerais.

Fonte: Autoria própria

De acordo com o Gráfico 9, constatamos que 79% dos alunos não obtiveram nenhum acerto nas questões relacionadas a primeira e segunda leis da termodinâmica, demonstrando que em sua grande maioria, os alunos não tinham conhecimento sobre esse assunto no momento do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 10, 37% dos alunos alcançaram 60% de acertos e 16% obtiveram 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo de termodinâmica, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

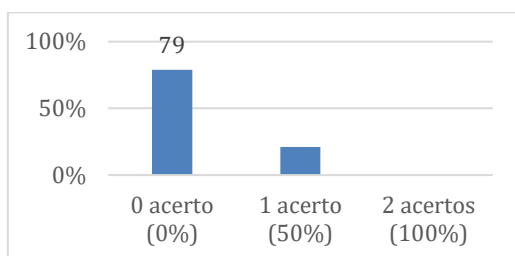


Gráfico 9 - questões de 8 a 9 que envolviam os conceitos específicos.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

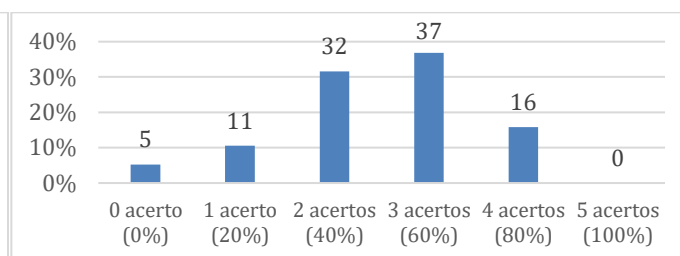


Gráfico 10 - questões de 6 a 10 que envolviam os conceitos específicos.

Fonte: Autoria própria

De acordo com o Gráfico 11, constatamos que 58% dos alunos ficaram entre 44% e 66% acertos nas 9 questões, considerando agora os conceitos gerais, a primeira e segunda leis da termodinâmica, em contrapartida, no Gráfico 12, 74% dos alunos ficaram entre 50% e 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo como um todo, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

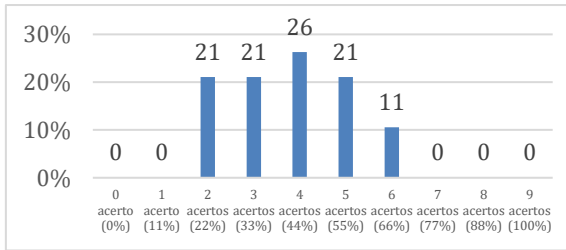


Gráfico 11- questões de 1 a 9 que envolviam todos Conceitos.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

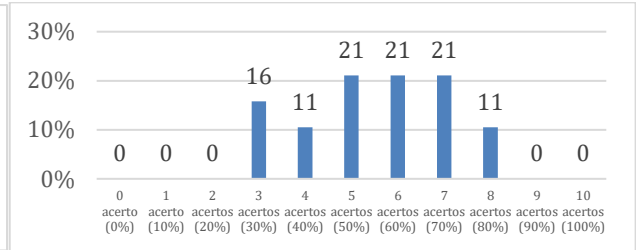


Gráfico 12 - questões de 1 a 10 que envolviam todos os conceitos.

Fonte: Autoria própria

4.3 Resultados obtidos para as turmas 01 e 02 juntas

Esta análise considera as duas turmas juntas, totalizando 37 alunos. De acordo com o Gráfico 13, constatamos que 48% dos alunos ficaram entre 57% e 86% de acertos nos conceitos gerais do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 14, 70% dos alunos alcançaram entre 60% e 100% de acertos do pós-teste, demonstrando uma boa melhora no número de acertos após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

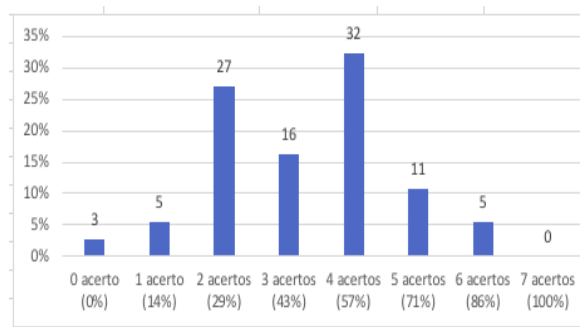


Gráfico 13- questões de 1 a 7 que envolviam os conceitos gerais

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

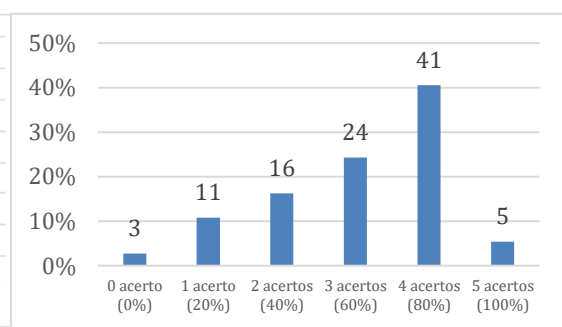


Gráfico 14 - questões de 1 a 5 que envolviam os conceitos gerais.

Fonte: Autoria própria

De acordo com o Gráfico 15, constatamos que 78% dos alunos não obtiveram nenhum acerto nas questões relacionadas a primeira e segunda leis da termodinâmica, demonstrando

que em sua grande maioria, os alunos não tinham conhecimento sobre esse assunto no momento do pré-teste, em contrapartida, no Gráfico 16, 38% dos alunos alcançaram 60% de acertos e 19% obtiveram 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo de termodinâmica, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

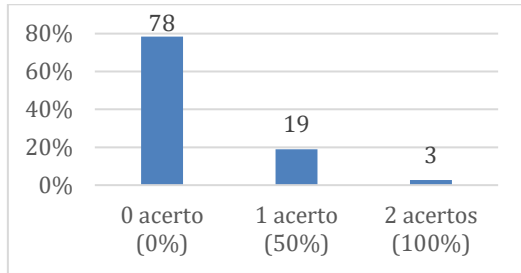


Gráfico 15 - questões de 8 a 9 que envolviam os conceitos específicos.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

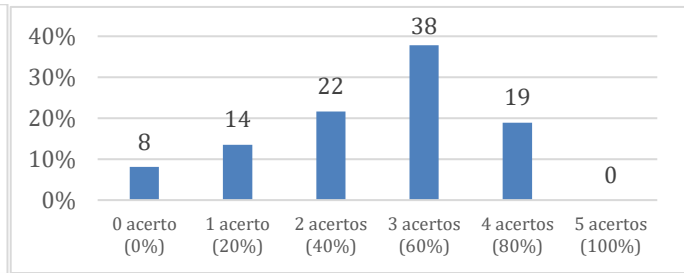


Gráfico 16 - questões de 6 a 10 que envolviam os conceitos específicos.

Fonte: Autoria própria

De acordo com o Gráfico 17, constatamos que 51% dos alunos ficaram entre 44 e 88% acertos nas 9 questões, considerando agora os conceitos gerais, a primeira e segunda leis da termodinâmica, em contrapartida, no Gráfico 18, 71% dos alunos ficaram entre 50% e 80% de acertos no pós-teste, demonstrando uma boa assimilação do conteúdo como um todo, após a aplicação da sequência didática.

Pré-teste

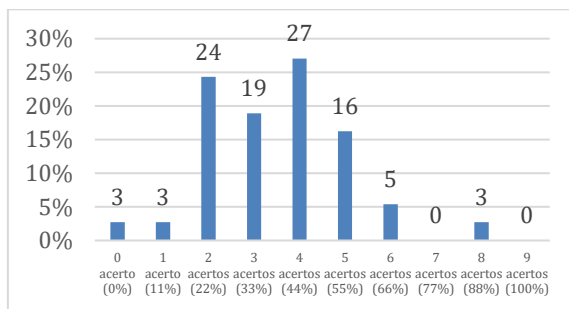


Gráfico 17- questões de 1 a 9 que envolviam todos Conceitos.

Fonte: Autoria própria

Pós-teste

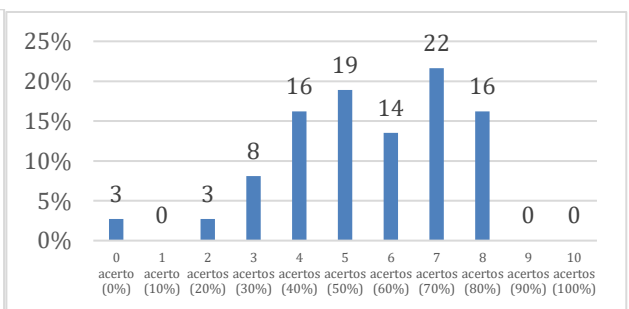


Gráfico 18 - questões de 1 a 10 que envolviam todos os conceitos.

Fonte: Autoria própria

Gostaríamos também de ressaltar, o aumento do interesse nas aulas que os alunos passaram a apresentar, após a utilização dos experimentos.

[...] de modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente (ARAUJO e ADIB, 2003, p. 02).

Foi solicitado aos alunos que respondessem duas perguntas, após o término do pós-teste.

1- O que mais gostou nas aulas de termodinâmica e o que não gostou?

2- O que pode melhorar?

As respostas demonstraram que os experimentos, motivaram os alunos a prestarem atenção no conteúdo e nas explicações e a participarem mais das aulas, conforme recortes abaixo (MÜLLER, 2019):

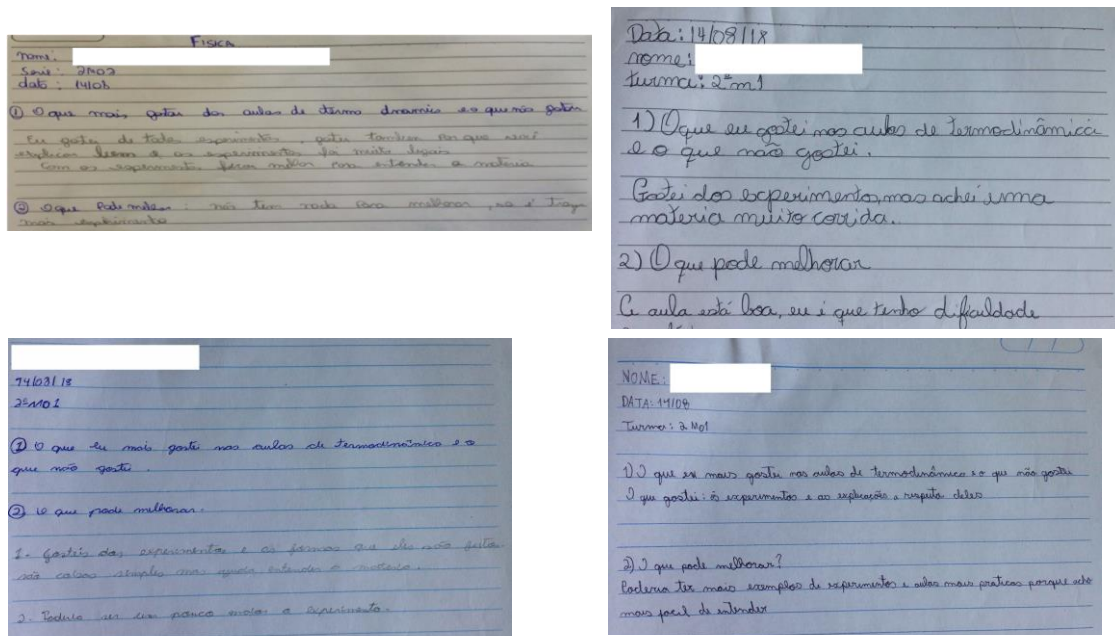


Figura 7: Respostas de determinados alunos ressaltando o emprego de experimentos em sala de aula.

5. Considerações finais

Nesta sequência didática discutiu-se os conceitos físicos envolvidos nas primeira e segunda leis da termodinâmica com a utilização de experimentos de baixo custo, tentando demonstrar de forma visual e clara o emprego de cada conceito nos experimentos, organizando-os numa sequência de forma a construir o pensamento do aluno sobre o tema em questão

As análises de dados e conclusões efetuadas validam a sequência didática aplicada com experimentos demonstrativos, como um estudo de caso.

Finalmente, um tutorial explicando detalhadamente a montagem dos experimentos desta sequência didática, também está disponibilizado em <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis/detalhes-da-tese?id=13526>. Vídeos demonstrativos do uso de cada experimento relatado neste artigo estão disponibilizados nos seguintes links: experimento tubo de vidro acoplado a uma seringa (<https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOilbw329hDwbWo1di?e=Cn8mQz>); lançador de foguetes com garrafa pet fixa (<https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOiTASXAXK2T3oz9J8?e=ggSeoD>, <https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOilgW9RqgUyBo-2q9?e=aq7mo7>, e <https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOildlS8gvVQlbsqv7?e=mz5HsD>); motor ciclo Stirling modelo beta (<https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOiloYNiB71JCWBv-i?e=WD2vak>); e motor ciclo Stirling gama (<https://1drv.ms/v/s!Ahv0UcMaHctOiVh2XjcEozkSJFvV?e=INjTzw>).

Agradecimentos

À CAPES e à FAPES (Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo) pelo suporte financeiro; e aos árbitros pelas sugestões incorporadas a este artigo.

Referências

- ALVARENGA, L. V. G **Uma proposta de sequência didática multi-instrumento para o ensino dos conceitos iniciais de Termodinâmica no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – PPGEnFis - UFES, Vitória, 2019. Disponível em <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis/detalhes-da-tese?id=13502>. Acesso em Outubro de 2019.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, Junho. 2003.
- AUSUBEL, D.P. (1968). **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- AUSUBEL, David Paul. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 2000.
- HIRATA, K. **Schmidt theory for Stirling Engines**. Stirling Engine home page. Disponível em: <http://www.bekkoame.ne.jp/~khirata/>. Acesso em 14 jan. 2019.
- MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. Editora Livraria da Física: São Paulo, 2011.
- MOREIRA, Marco A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. Editora Livraria da Física: São Paulo, 2011.
- MÜLLER, A. T. **Estudo das primeira e segunda leis da termodinâmica com o emprego de experimentos e um motor Stirling**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de

Física) – PPGEnFis - UFES, Vitória, 2019. Disponível em <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pt-br/pos-graduacao/PPGEnFis/detalhes-da-tese?id=13526>.

Acesso em Outubro de 2019.

SILVA, J. L. P. B. ; PREGNOLATTO, Y. H. . **Ensino para aprendizagem significativa da termodinâmica básica**. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999, Valinhos/ S Paulo. Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 1999.

TIPLER, P. A. **Física para engenheiros e cientistas** Vol. 1., 6ª ed. Editora LTC: Rio de Janeiro, 2009.

ZEMANSKY, M. W. **Calor e Termodinâmica**. Quinta edição: Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro, 1978.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pré-Teste

Pergunta 1: Considere dois corpos de mesma massa e constituídos pela mesma substância, inicialmente com temperaturas diferentes, conforme figura a seguir:

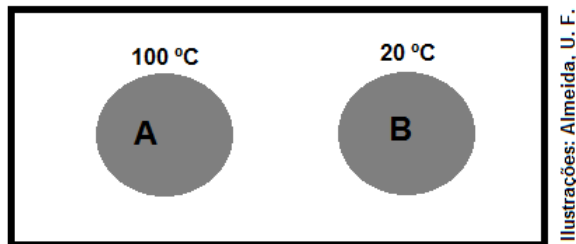


Figura 20. Esquema de dois corpos confinados em um recipiente isolado de influências externas.

Após determinado intervalo de tempo, o que podemos afirmar?

- A temperatura do corpo A passou para o corpo B e o sistema atinge o equilíbrio térmico.
- O calor do corpo A passou para o corpo B e o sistema atinge o equilíbrio térmico.
- O fluxo de energia térmica resultante tem sentido espontâneo do corpo A para o corpo B.
- O fluxo de energia térmica resultante tem sentido espontâneo do corpo B para o corpo A.
- O calor do corpo A diminui e o do corpo B aumenta.

Pergunta 2: (Enem PPL 2013) É comum nos referirmos a dias quentes como dias “de calor”. Muitas vezes ouvimos expressões como “hoje está calor” ou “hoje o calor está muito forte” quando a temperatura ambiente está alta. No contexto científico, é correto o significado de “calor” usado nessas expressões?

- Sim, pois o calor de um corpo depende de sua temperatura.
- Sim, pois calor é sinônimo de alta temperatura.
- Não, pois calor é energia térmica em trânsito.
- Não, pois calor é a quantidade de energia térmica contida em um corpo.
- Não, pois o calor é diretamente proporcional à temperatura, mas são conceitos diferentes.

Pergunta 3: Na figura 1 o cozinheiro segura um recipiente que contém um alimento que acabou de sair do forno. Na figura 2, segura um recipiente contendo gelo. Marque a situação que você julga correta.

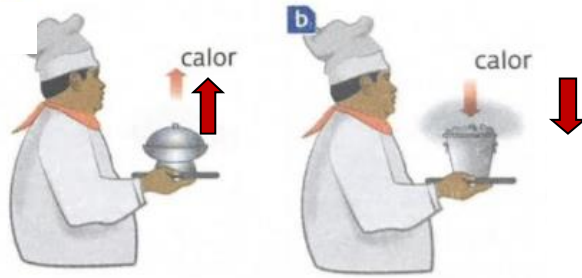


Fig.1

Fig.2

- Na situação 1 está havendo trocas de calor com o ambiente, porém isso não acontece na situação 2.
- Nas duas situações está havendo trocas de calor com o ambiente.
- Na figura 1 há mais calor contido no recipiente 1 do que no recipiente 2.
- Na figura 2 não existe calor no recipiente.
- Não é possível responder.

Pergunta 4:



Disponível em: <http://casadosnoopy.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Pergunta 4: (Enem 2013) Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- Convecção e condução.
- Convecção e irradiação.
- Condução e convecção.
- Irradiação e convecção.
- Irradiação e condução.

Pergunta 5: (Enem 2012) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles. A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque:

- possui a propriedade de gerar calor.
- é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.
- diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.
- tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.
- está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

Pergunta 6: (Enem 2012) Chuveiros elétricos possuem uma chave para regulagem da temperatura verão/inverno e para desligar o chuveiro. Além disso, é possível regular a temperatura da água, abrindo ou fechando o registro. Abrindo, diminui-se a temperatura e fechando, aumenta-se. Aumentando-se o fluxo da água há uma redução na sua temperatura, pois:

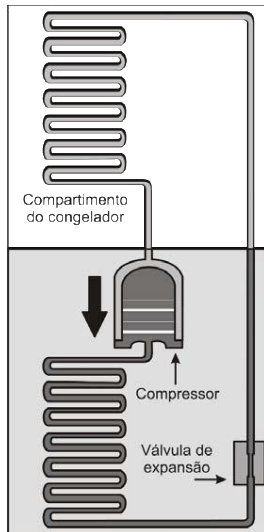
- a) aumenta-se a área da superfície da água dentro do chuveiro, aumentando a perda de calor por radiação.
- b) aumenta-se o calor específico da água, aumentando a dificuldade com que a massa de água se aquece no chuveiro.
- c) diminui-se a capacidade térmica do conjunto água/chuveiro, diminuindo também a capacidade do conjunto de se aquecer.
- d) diminui-se o contato entre a corrente elétrica do chuveiro e a água, diminuindo também a sua capacidade de aquecê-la.
- e) diminui-se o tempo de contato entre a água e a resistência do chuveiro, diminuindo a transferência de calor de uma para a outra.

Pergunta 7: Após um dia de aula, você volta para casa e encosta a mão na maçaneta metálica da porta de sua casa e depois na madeira da porta. Você fica curioso ao perceber que, ao encostar sua mão na maçaneta, a sensação de “frio” é maior que quando você encosta a mão na madeira. Sobre o fenômeno físico ocorrido é correto afirmar que:

- a) A madeira está a uma temperatura maior que o metal.
- b) Ambos estão a mesma temperatura, mas o metal é melhor condutor de calor.
- c) Ambos estão a mesma temperatura, mas o metal tem mais frio.
- d) O metal está a uma temperatura menor que a do ambiente.
- e) A madeira está a uma temperatura maior que a do ambiente.

Pergunta 8: (Enem 2009) A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.

Disponível em: <http://home.howstuffworks.com>. Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).



Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- o calor flui de forma não espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

Pergunta 9: (Enem PPL 2012) Um aquecedor solar consiste essencialmente em uma serpentina de metal, a ser exposta ao sol, por meio da qual flui água a ser aquecida. A parte inferior da serpentina é soldada a uma chapa metálica, que é o coletor solar. A forma da serpentina tem a finalidade de aumentar a área de contato com o coletor e com a própria radiação solar sem aumentar muito o tamanho do aquecedor. O metal, sendo bom condutor, transmite a energia da radiação solar absorvida para as paredes internas e, daí, por condução, para a água. A superfície deve ser recoberta com um material, denominado material seletivo quente, para que absorva o máximo de radiação solar e emita o mínimo de radiação infravermelha. Os quadros relacionam propriedades de alguns metais/ligas metálicas utilizados na confecção de aquecedores solares:

Material metálico	Condutividade térmica (W/m K)
Zinco	116,0
Aço	52,9
Cobre	411,0

Material seletivo quente	Razão entre a absorvância de radiação solar e a emitância de radiação infravermelha
A. Óxido e sulfeto de níquel e zinco aplicados sobre zinco	8,45
B. Óxido e sulfeto de níquel e zinco sobre ferro galvanizado	7,42
C. Óxido de cobre em alumínio anodizado	7,72

ACIOLI, J. L. Fontes de energia. Brasília: UnB, 1994 (adaptado).

Os aquecedores solares mais eficientes e, portanto, mais atrativos do ponto de vista econômico, devem ser construídos utilizando como material metálico e material seletivo quente, respectivamente,

- a) aço e material seletivo quente A.
- b) aço e material seletivo quente B.
- c) cobre e material seletivo quente C.
- d) zinco e material seletivo quente B.
- e) cobre e material seletivo quente A

APÊNDICE B – Pós-Teste

Pergunta 1: Na figura 1 o cozinheiro segura um recipiente que contém um alimento que acabou de sair do forno. Na figura 2, segura um recipiente contendo gelo. Marque a situação que você julga correta.



Fig.1

Fig.2

- a) Na situação 1 está havendo trocas de calor com o ambiente, porém isso não acontece na situação 2.
- b) Nas duas situações está havendo trocas de calor com o ambiente.
- c) Na figura 1 há mais calor contido no recipiente 1 do que no recipiente 2.
- d) Na figura 2 não existe calor no recipiente.
- e) Não é possível responder.

Pergunta 2:



Disponível em: <http://casadosnoopy.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Pergunta 2: (Enem 2013) Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- a) Convecção e condução.
- b) Convecção e irradiação.
- c) Condução e convecção.
- d) Irradiação e convecção.

e) Irradiação e condução.

Pergunta 3: (Enem 2012) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles. A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque:

- a) possui a propriedade de gerar calor.
- b) é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.
- c) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.
- d) tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.
- e) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

Pergunta 4: (Enem 2012) Chuveiros elétricos possuem uma chave para regulação da temperatura verão/inverno e para desligar o chuveiro. Além disso, é possível regular a temperatura da água, abrindo ou fechando o registro. Abrindo, diminui-se a temperatura e fechando, aumenta-se. Aumentando-se o fluxo da água há uma redução na sua temperatura, pois:

- a) aumenta-se a área da superfície da água dentro do chuveiro, aumentando a perda de calor por radiação.
- b) aumenta-se o calor específico da água, aumentando a dificuldade com que a massa de água se aquece no chuveiro.
- c) diminui-se a capacidade térmica do conjunto água/chuveiro, diminuindo também a capacidade do conjunto de se aquecer.
- d) diminui-se o contato entre a corrente elétrica do chuveiro e a água, diminuindo também a sua capacidade de aquecê-la.
- e) diminui-se o tempo de contato entre a água e a resistência do chuveiro, diminuindo a transferência de calor de uma para a outra.

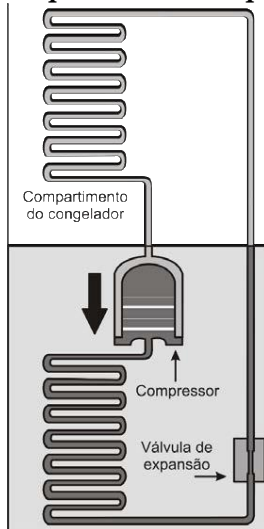
Pergunta 5: Após um dia de aula, você volta para casa e encosta a mão na maçaneta metálica da porta de sua casa e depois na madeira da porta. Você fica curioso ao perceber que, ao encostar sua mão na maçaneta, a sensação de “frio” é maior que quando você encosta a mão na madeira. Sobre o fenômeno físico ocorrido é correto afirmar que:

- a) A madeira está a uma temperatura maior que o metal.
- b) Ambos estão a mesma temperatura, mas o metal é melhor condutor de calor.
- c) Ambos estão a mesma temperatura, mas o metal tem mais frio.
- d) O metal está a uma temperatura menor que a do ambiente.
- e) A madeira está a uma temperatura maior que a do ambiente.

Pergunta 6: (Enem 2009) A invenção da geladeira proporcionou uma revolução no aproveitamento dos alimentos, ao permitir que fossem armazenados e transportados por longos períodos. A figura apresentada ilustra o processo cíclico de funcionamento de uma

geladeira, em que um gás no interior de uma tubulação é forçado a circular entre o congelador e a parte externa da geladeira. É por meio dos processos de compressão, que ocorre na parte externa, e de expansão, que ocorre na parte interna, que o gás proporciona a troca de calor entre o interior e o exterior da geladeira.

Disponível em: <http://home.howstuffworks.com>. Acesso em: 19 out. 2008 (adaptado).



Nos processos de transformação de energia envolvidos no funcionamento da geladeira,

- a expansão do gás é um processo que cede a energia necessária ao resfriamento da parte interna da geladeira.
- o calor flui de forma não espontânea da parte mais fria, no interior, para a mais quente, no exterior da geladeira.
- a quantidade de calor cedida ao meio externo é igual ao calor retirado da geladeira.
- a eficiência é tanto maior quanto menos isolado termicamente do ambiente externo for o seu compartimento interno.
- a energia retirada do interior pode ser devolvida à geladeira abrindo-se a sua porta, o que reduz seu consumo de energia.

Pergunta 7: (ENEM 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

Pergunta 8: (Enem 2012) Aumentar a eficiência na queima de combustível dos motores à combustão e reduzir suas emissões de poluentes são a meta de qualquer fabricante de motores. É também o foco de uma pesquisa brasileira que envolve experimentos com plasma, o quarto estado da matéria e que está presente no processo de ignição. A interação da faísca emitida pela vela de ignição com as moléculas de combustível gera o plasma que provoca a explosão liberadora de energia que, por sua vez, faz o motor funcionar.

Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 22 jul. 2010 (adaptado).

No entanto, a busca da eficiência referenciada no texto apresenta como fator limitante

- a) o tipo de combustível, fóssil, que utilizam. Sendo um insumo não renovável, em algum momento estará esgotado.
- b) um dos princípios da termodinâmica, segundo o qual o rendimento de uma máquina térmica nunca atinge o ideal.
- c) o funcionamento cíclico de todo os motores. A repetição contínua dos movimentos exige que parte da energia seja transferida ao próximo ciclo.
- d) as forças de atrito inevitável entre as peças. Tais forças provocam desgastes contínuos que com o tempo levam qualquer material à fadiga e ruptura.
- e) a temperatura em que eles trabalham. Para atingir o plasma, é necessária uma temperatura maior que a de fusão do aço com que se fazem os motores.

Pergunta 9: (UECE-CEV-2016) O processo de expansão ou compressão de um gás em um curto intervalo de tempo pode representar um processo termodinâmico que se aproxima de um processo adiabático. Como exemplo, pode-se mencionar a expansão de gases de combustão em um cilindro de motor de automóvel em alta rotação. É correto afirmar que, em um processo adiabático no sistema,

- a) a temperatura é constante e o trabalho realizado pelo sistema é nulo.
- b) não há transferência de calor.
- c) a pressão e o volume são constantes.
- d) a energia interna é variável e a pressão é constante.
- e) a variação da energia interna do sistema é igual a zero.

Pergunta 10: (UPE 2014) Com base nas Leis da Termodinâmica, analise as afirmativas a seguir:

- I. Existem algumas máquinas térmicas que, operando em ciclos, retiram energia, na forma de calor, de uma fonte, transformando-a integralmente em trabalho.
- II. Não existe transferência de calor de forma espontânea de um corpo de temperatura menor para outro de temperatura maior.
- III. Refrigeradores são dispositivos, que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para outro de maior temperatura.

Está(ão) CORRETA(S)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas I e III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.